

УДК 621.396.967.2

Ю.В. Стасєв, В.І. Карпенко, І.І. Обод

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ОПІЗНАВАННЯ

Наводиться порівняльний аналіз завадостійкості існуючих систем радіолокаційного опізнавання державної приналежності.

Постановка завдання та аналіз літератури

Вирішення завдань, які стоять перед Повітряними Силами багато в чому визначається інформаційним забезпеченням. Основою інформаційного забезпечення є системи первинної радіолокації. Однак забезпечуючи ми системами, а іноді й основними інформаційними системами, є запитувальні радіотехнічні системи (РТС). Запитувальні РТС призначені для вирішення таких завдань:

визначення координат літального апарата (ЛА);

одержання додаткової польотної інформації, необхідної для контролю і керування польотами та наведення ЛА;

радіолокаційного опізнавання державної приналежності виявлених повітряних об'єктів; диспетчерського опізнавання ЛА.

Система радіолокаційного опізнавання (РЛО) державної приналежності виявлених об'єктів є важливою забезпечуючою системою і зобов'язана органічно входити в єдину інформаційну систему. Вона повинна вирішувати завдання опізнавання як в інте-

ресах визначення ступеня небезпеки виявленої цілі, так і при безпосередньому застосуванні зброї.

У теперішній час є дві схожі системи РЛО [1]. Одна з них використовується в країнах НАТО (надалі – перша система РЛО), а друга – у країнах колишнього соцтабору (надалі – друга система РЛО). Прагнення України ввійти до складу НАТО вимагає проведення порівняльного аналізу існуючих систем РЛО. Обидві системи вирішують завдання опізнавання виявлених цілей шляхом визначення координат літака за його відповіддю, а також одержання польотної інформації з борту ЛА. Оцінимо завадостійкість існуючих систем РЛО при вирішенні зазначених задач.

Мета статті – порівняльний аналіз завадостійкості існуючих систем РЛО.

Основна частина

Існуючі системи РЛО, утворені запитувачем і відповідцем, відносяться до запитувальних РТС. Вони побудовані (рис. 1) за принципом несинхронної мережі, одноканального пристрою обслуговування

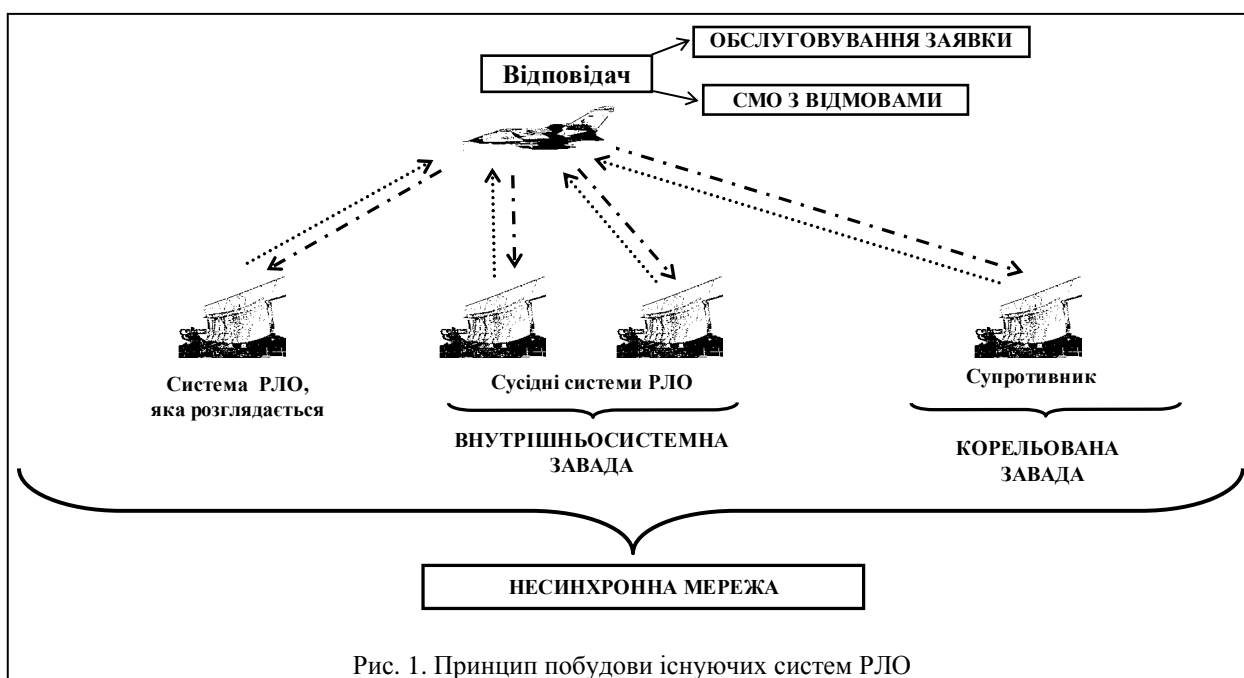


Рис. 1. Принцип побудови існуючих систем РЛО

першого правильно прийнятого запитувального сигналу (ЗС) і відкритої системи масового обслуговування (СМО) з відмовами [2, 3]. Така побудова останніх відкриває широкі можливості супротивнику щодо несанкціонованого використання відповідачів цих систем для дальнього виявлення літальних апаратів, а також для повної паралізації шляхом постановки корельованих завад необхідної інтенсивності. Можливість зниження завадостійкості системи РЛО супротивником обумовлена тим, що відповідач має час паралізації, який дуже суттєвий при роботі в імітостійкому режимі. Дійсно, принцип побудови існуючих систем РЛО виключив часові і просторові розходження між корисними й імітованими ЗС. При роботі відповідача тільки в полі дії своїх систем РЛО, що створюють внутрішньосистемні завади, коефіцієнт готовності відповідача завжди менше одиниці. Під коефіцієнтом готовності відповідача розуміється імовірність відповіді на запит конкретного запитувача, що є ні чим іншим як відносно його пропускну здатністю. Коефіцієнт готовності відповідача залежить від інтенсивності потоку ЗС, утвореного потоком ЗС від сусідніх систем РЛО (внутрішньосистемні завади), потоком навмисних корельованих завад (імітовані завади), а також потоком ЗС, що утворився з потоку навмисних і ненавмисних некорельованих завад. Рівень внутрішньосистемних завад може контролюватися і цим, отже, обмежується граничне зменшення коефіцієнта готовності відповідача. Створення супротивником навмисних корельованих завад, яке неможливо контролювати, може цілком паралізувати відповідач і цим істотно знизити завадостійкість системи РЛО.

Проведемо порівняльне оцінювання завадостійкості існуючих систем РЛО, для чого дослідимо вплив потоку ЗС, утвореного сумарним потоком ЗС сусідніх систем РЛО і потоком навмисної корельованої завади супротивника та хаотичної імпульсної завади (ХІЗ) на імовірність одержання координатної інформації від літального апарата. Розрахунки зробимо для сумарного потоку сигналів неімітостійких та імітостійких режимів роботи запитувальних систем РЛО [1].

При надходженні на вхід відповідача запитувальної системи РЛО потоку ЗС і ХІЗ будуть спостерігатися такі ситуації, що приводять до виключення формування відповідачем відповідних сигналів (ВС):

подавлення ЗС даного радіолокатора через утворення з ХІЗ випереджальних хибних ЗС (хибна тривога першого роду), що викликають випромінювання ВС чи спрацьовування схеми подавлення бічних пелюсток (ПБП);

подавлення запитувальних сигналів даного ра-

діолокатора через випереджальний ЗС як сусідніх запитувачів, так і запитувачів супротивника;

високочастотне подавлення окремих імпульсів запитувальних кодів даного радіолокатора при збігу за часом імпульсів потоку запитувальних сигналів і несприятливих фазових співвідношень;

подавлення ЗС даного радіолокатора через випереджальні хибні ЗС, що утворюються в результаті взаємодії першого імпульсу ЗС даного радіолокатора з випереджальними (на базі коду) імпульсами ХІЗ чи ПЗС (імовірність хибної тривоги другого роду) і випромінювання ВС або спрацьовування схеми ПБП;

подавлення запитувальних сигналів у результаті роботи схем часової селекції відповідачів;

подавлення запитувальних сигналів у результаті інерційності схем вхідних формувачів дешифратора й обмеження завантаження відповідача.

Визначення імовірності цих подій будемо здійснювати в припущенні, що потік ЗС і ХІЗ діє на запитувальні сигнали даного радіолокатора незалежно один від одного і що кількість джерел, які формують загальний потік запитувальних сигналів, достатня для характеристики потоку як пуассонівського.

Припустимо, що на вхід відповідача надходять ХІЗ інтенсивністю λ_0 , ПЗС, що викликає випромінювання ВС, що включає потік ЗС сусідніх запитувачів і потік імітованих ЗС супротивника, інтенсивністю λ_1 , і потік запитувальних сигналів, що викликає спрацьовування схеми ПБП, інтенсивністю λ_2 . Припустимо, що загальні потоки запитувальних сигналів складаються з k частин неімітостійкого режиму і $1 - k$ частин імітостійкого режиму.

Використовуючи методику розрахунку зазначених імовірностей, досить докладно викладених у [2], одержуємо результати розрахунку завадостійкості існуючих систем РЛО при вирішенні завдань опізнавання виявлених цілей, наведені на рис. 2 – 5. На рис. 2, 3 наведені розрахунки коефіцієнта готовності відповідача, а на рис. 4, 5 – імовірності опізнавання цілі. Розрахунки наведені при $k = 0,5$. Інтенсивність ХІЗ складала $\lambda_0 = 0$; $\lambda_0 = 5\ 000$ та $\lambda_0 = 10\ 000$.

Порівняльний аналіз рис. 2, 3 показує, що коефіцієнт готовності літакового відповідача P_0 обох систем РЛО при інтенсивності потоку ЗС, рівній 5 000, практично однаковий. Однак, як впливає з рис. 3, для другої системи РЛО при розглянутій ситуації відповідач не досягає максимального завантаження. Це вказує на невірне визначення коефіцієнта завантаження відповідача і, отже, відповідач другої системи РЛО не буде отсівати слабкі за потужністю ЗС. Ця особливість другої системи РЛО істотно знижує ефективність її використання, тому що супро-

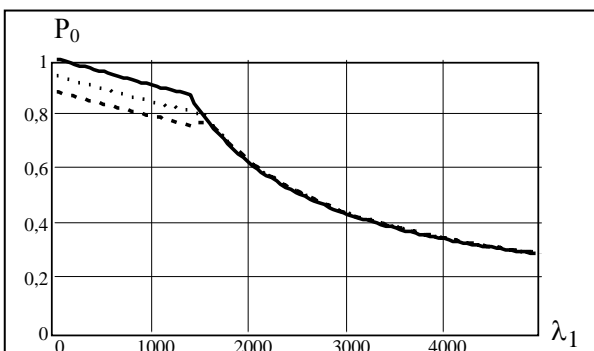


Рис. 2. Коефіцієнт готовності відповідача першої системи РЛО

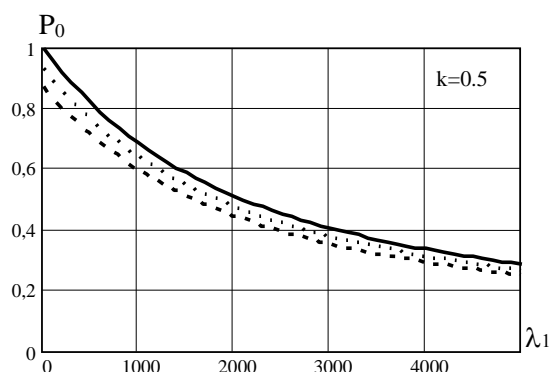


Рис. 3. Коефіцієнт готовності відповідача другої системи РЛО

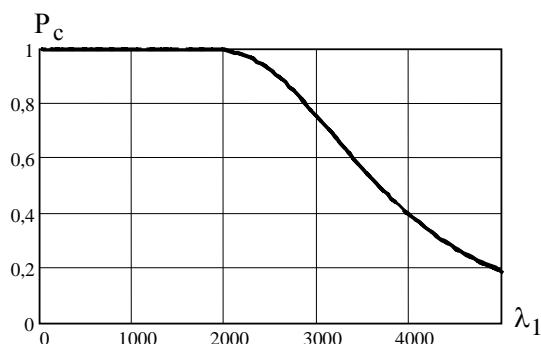


Рис. 4. Імовірність опізнання цілі першою системою РЛО

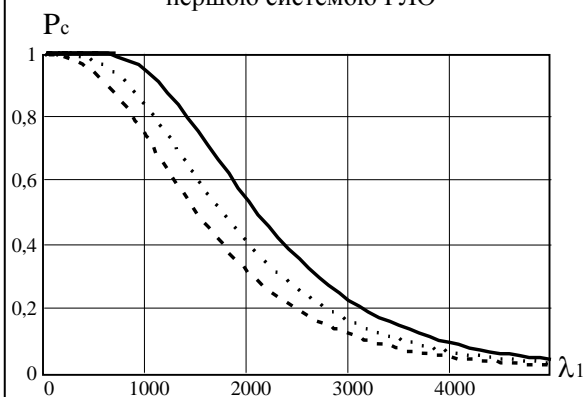


Рис. 5. Імовірність опізнання цілі другою системою РЛО

тивник може паралізувати цю систему на значному віддаленні за допомогою одного запитувача, який імітує запитувальні сигнали необхідної інтенсивності.

Таким чином, наведене дослідження завадостійкості літакових відповідачів дозволяє оцінити пропускну здатність існуючих систем РЛО і вказує на низьку ефективність роботи обох систем РЛО при дії навмисної корельованої завади.

На рис. 4, 5 наведені результати розрахунку імовірності виявлення цілі, що відповідає на запити запитувача системи РЛО, при однакових критеріях виявлення.

Порівняльний аналіз рис. 4, 5 показує, що імовірність виявлення цілі першою системою РЛО трохи вище. Так при дії в каналі запиту ЗС інтенсивністю 5 000 імовірність опізнання цілі першою системою РЛО складає 0,2 а другою – 0,05.

Досліджуємо імовірність неспотвореної передачі польотної інформації з відповідного каналу систем РЛО. В обох системах РЛО для передачі польотної інформації використовується позиційний код. У першій системі РЛО використовується 12-розрядний код. До складу відповідного сигналу входять два опорних імпульси координатної оцінки, між якими передаються 12 розрядів двійкового коду [1]. Передача польотної інформації здійснюється на кожен запитувальний сигнал шляхом чергування, за відповідним правилом, ознак запитуваної інформації.

У відповідному радіоканалі другої системи РЛО при передачі польотної інформації випромінюються сигнали координатної оцінки і польотної інформації (45-імпульсний позиційний код). До складу відповідної кодової послідовності польотної інформації входять 2-імпульсний код координатної оцінки, 3-імпульсний код ознаки переданої інформації (бортового номера, висоти польоту, запасу палива) і 20 двійкових розрядів польотної інформації. Оскільки інформаційна послідовність переданої інформації складає значну величину, то передача польотної інформації здійснюється через визначену кількість запитів, тобто здійснюється відповідна розрядка. Коефіцієнт розрядки при цьому є статистичною величиною і є дробовим числом.

При дослідженні завадостійкості каналу передачі інформації будемо вважати, що при впливі завад у відповідному каналі можуть виникати перекручування переданої польотної інформації внаслідок подавлення частини імпульсів сигналу. Для одержання польотної інформації в обох системах РЛО необхідними і достатніми умовами є:

прийом до обслуговування відповідного запиту, тобто імовірність відповіді на конкретний запит, що є ні чим іншим як коефіцієнтом готовності відповідача;

декодування імпульсів синхрогрупи;

декодування прийнятої інформації.

Оцінимо завадостійкість каналів передачі по-

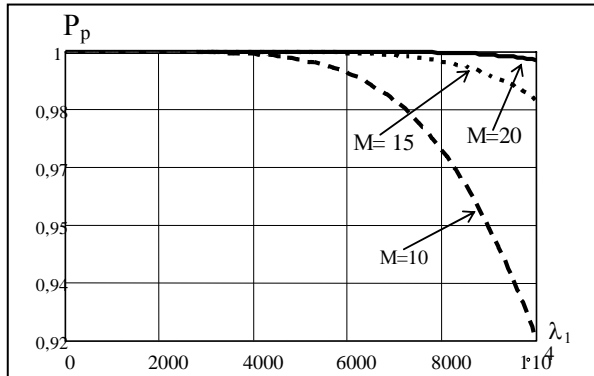


Рис. 6. Імовірність отримання польотної інформації у першій системі РЛО

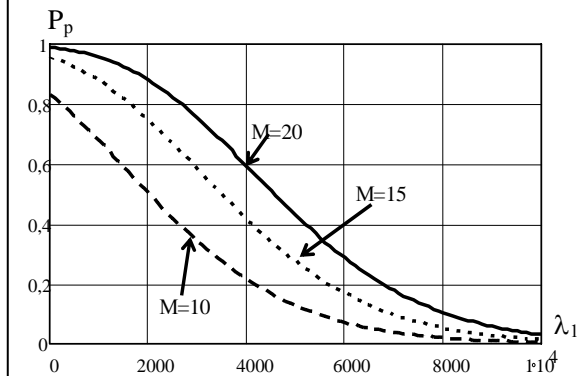


Рис. 7. Імовірність отримання польотної інформації у другій системі РЛО

льотної інформації існуючими системами РЛО при наявності у відповідному каналі некорельованої завади заданої інтенсивності. Для цього зробимо оцінку коефіцієнта готовності літакового відповідача при передачі польотної інформації й оцінимо імовірність прийому неспотвореної польотної інформації в наземній апаратурі обробки.

На рис. 6, 7 наведені розрахункові залежності імовірності передачі польотної інформації з відповідного каналу існуючих систем РЛО залежно від загальної інтенсивності ЗС, до складу якої входять і запити на передачу визначеної польотної інформації, при інтенсивності некорельованої завади у відповідному каналі, яка дорівнює 1000. Розрахунки проведені для різних пачок відповідних сигналів (M) і прийому всього обсягу переданої інформації за час спостереження цілі.

З проведених досліджень випливає, що значний час паралізації відповідача і наявність розрядки при обслуговуванні ЗС польотної інформації в другій системі РЛО призводить до істотного зниження коефіцієнта готовності i , як наслідок, низької імовірності одержання польотної інформації в наземній апаратурі.

Таким чином, незважаючи на менший обсяг переданої інформації, стандарт передачі першої системи РЛО обраний більш вдало. Це підтверджується більшою імовірністю одержання інформації на наземних пунктах керування для першої системи РЛО порівняно з другою системою РЛО.

Висновки

Порівняльний аналіз завадостійкості існуючих систем РЛО показав:

існуючі системи РЛО характеризуються однаковими принципами побудови, принципами обслуговування запитувальних сигналів і відносяться до СМО з відмовами;

принцип побудови систем РЛО визначив низьку завадостійкість їх при дії навмисних корельованих завад;

невірний вибір коефіцієнта завантаження другої системи РЛО істотно знижує ефективність її використання;

використовувана в НАТО система РЛО має більш високі показники завадостійкості при вирішенні завдання опізнання;

використовувана в НАТО система РЛО має більш високу завадостійкість при передачі польотної інформації на наземні пункти керування.

Можливість несанкціонованого використання відповідача існуючих систем РЛО супротивником надає можливість зробити висновок, що ці системи не є завадостійкими.

У подальшому потрібно розглянути можливі шляхи та методи наступного переходу до завадостійких систем радіолокаційного опізнання, тобто до виключення можливості супротивника несанкціоновано використовувати відповідач цієї системи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сергеев А., Тюрин. Американская система радиолокационного опознания МК12 // Зарубежное военное обозрение. – 1983. – № 8. – С. 55 – 58.
2. Обод И.И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации: – М.: ЦНТИ, 1998. – 119 с.
3. Теоретичні основи побудови завадозахищених систем інформаційного моніторингу повітряного простору / В.В. Ткачев, Ю.Г. Даник, С.А. Жуков, І.І. Обод, І.О. Романенко. – К.: МОУ, 2004. – 271 с.

Надійшла 20.11.05

Рецензент: д-р техн. наук доцент Г.В. Єрмаков, Харківський університет Повітряних Сил.